VACUUM TUBE

安価で製作しやすい単純2段増幅回路構成

6CM7シングルラインアンプ

征矢　進 SOYA Susumu

ファインメットコアトランスの音質そのままで，低コストで製作できるラインアンプ．音質的に充分納得できるものを作るため，各種回路を実験して6CM7複合3極管を使用し，単純な2段増幅とした．電源はAC180Vを6X4で両波整流した後，ダブルチョークコイルによる平滑で充分リップルを取り，良質なB電源を得ている．周波数特性では低域と高域にピークが発生しているが，発振などは起こらない安定した動作で，ファインメットの特徴であるワイドレンジでヌケのよい音質が可能となった．

はじめに

2013年3月号で紹介した全段トランス結合プリアンプは，私好みの音質に仕上がりましたので，以降リファレンスとして愛用しています．コア材にファインメットを使用したトランスは，太くてクリアな音質がするようで，個人的には大変気に入っています．

ただし，全段トランス結合プリアンプはコストが高くつくといった問題もあり，気軽にお勧めするのは心苦しく思っていました．

そこで，ファインメットコア独特の音質を失うことなく，そのままストレートに味わえることと，コストはできるだけ抑えて製作できることを前提にしたラインアンプができないものか研究してきました．

フォノイコライザーについては，今後の研究課題として残りますが，今回まずは音質的に充分納得できるラインアンプを完成させることができましたので，設計過程を交えて紹介します．

私が親しくしている何人かの知人宅で試聴していただきましたが，大変好評で，ぜひ製作してみたいとの感想もいただき，それまでの努力が報われた感じがして，うれしく思っています．

このラインアンプはコストをできるだけ抑えて設計したことと，また回路そのものは非常に単純な2段増幅構成とすることにより，本誌の読者であれば製作は容易なはずなので，一度トライしていただければ幸いです．

設計過程

送り出しトランスを使用すると，無帰還か負帰還をかけるとしても限度があり，トランスなしのラインアンプと比較して，特性は見劣りがするものです．

安価で高性能なラインアンプを製作するには，製作費の中で大きな割合を占める送り出しトランスを使用しないことです．

ただし，今回はデータ重視ではなく，送り出しトランスを使用したときに得られる，独特の厚く押し出しのよい音質を手軽に味わうことを目的にしています．

その場合，種々の回路が考えられますが，今回のコンセプトに従って，最低限である2個の送り出しトランスを使ったラインアンプを製作することにしました．

回路はできるだけ単純にして作りやすくするため，シングルでの動作を考えます．

まず，音質確認を行うため図1に示す方式を試作して，実際に私のシステムで試聴して確認してみました．(a) の方式は回路が単純で作りやすいのですが，私の好む音質にはなりませんでした．透明度も充分でクリアな音質でしたが，エネルギー感が少なく，音の太さや密度に不満が残りました．またややナローな点も気になります．

テストした真空管は12AU7，7044，6S4A，01A，5A6などです．この中で，直熱管は透明度の高い音質を期待してテストしま

した．クリアでワイドレンジな音質は評価できました．

残留ハムノイズは3端子レギュレーターを2段重ねることで解決しましたが，残念なことにマイクロフォニックノイズが盛大で，スピーカーからの音圧に真空管が振られてしまいそうです．

仕方なく自分なりに工夫した，ラバーやスプリングによるクッション対策を施しても，ケースに振動を与えるだけで，盛大なマイクロフォニックノイズが発生し，私には扱いきれませんでした．これについては，いずれさらによい振動対策を考えて再チャレンジしたいと思います．

次にウエスタンエレクトリックWE-120型を参考にして，図1 (b) に示す2段増幅回路で実験してみました．音は太るものの，今度はナローレンジで，ヌケも悪い覇気のない音質になってしまいました．その原因は明快で，英知を結集したといわれるWEのオリジナルパーツではないからで，手持ちのパーツを流用して製作すれば，当然の帰結といえましょう．

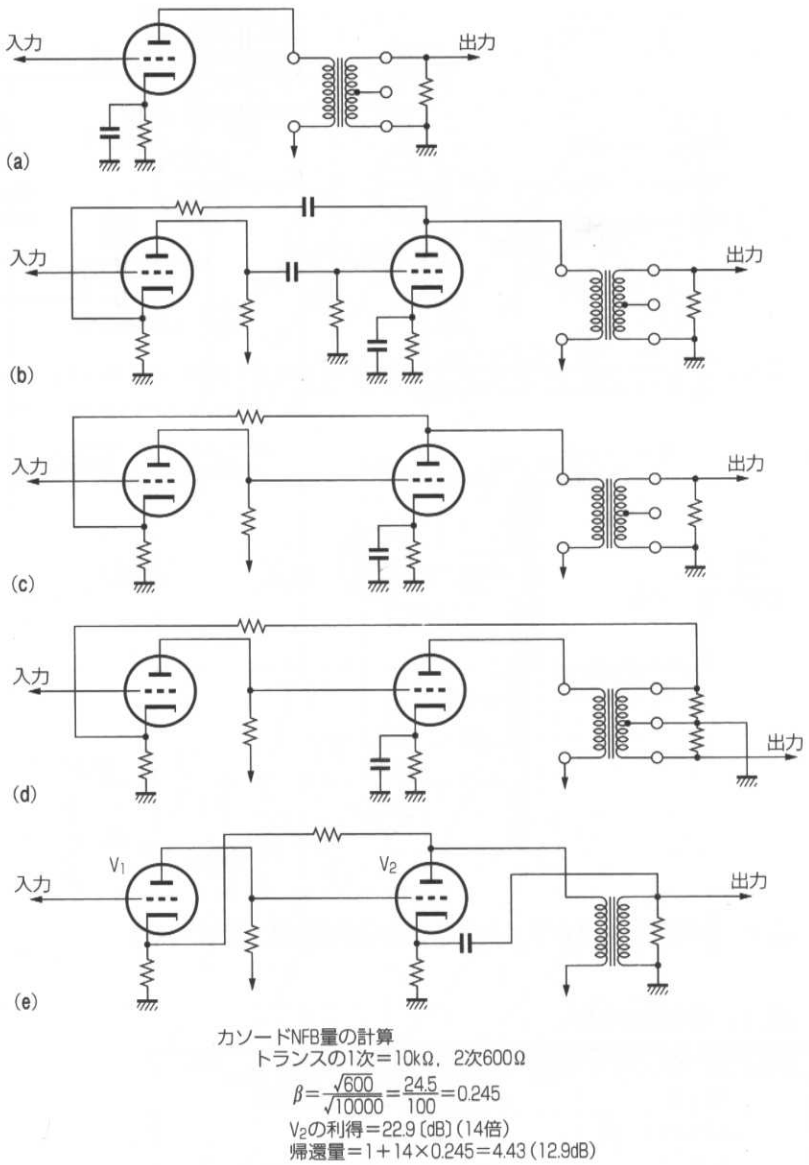
その際感じたことは，カップリングコンデンサーのカラーレーションが強烈に出ることで，それを実感できたことは大きな収穫でした．そこで初段と2段目は直結にして，音色に問題を残すカップリングコンデンサーを省くことにしました．

その回路は図1 (c) に示すものです．音質はかなりよくなりましたが，今度はゲインが高すぎて，ラインアンプとしては使いにくい点が気になりました．そこで，2段目のプレートから初段にかけて，直流分を含む負帰還をかけました．それでも負帰還量が少ないことから，まだゲインは大きすぎて，ボリュームを少し上げただけで大音量になってしまいます．やむを得ず，負帰還抵抗に直列にコンデンサーを入れてDC分をカットし，NFB量を増やすと使い勝手はよくなりましたが，やはりつまらない音質です．

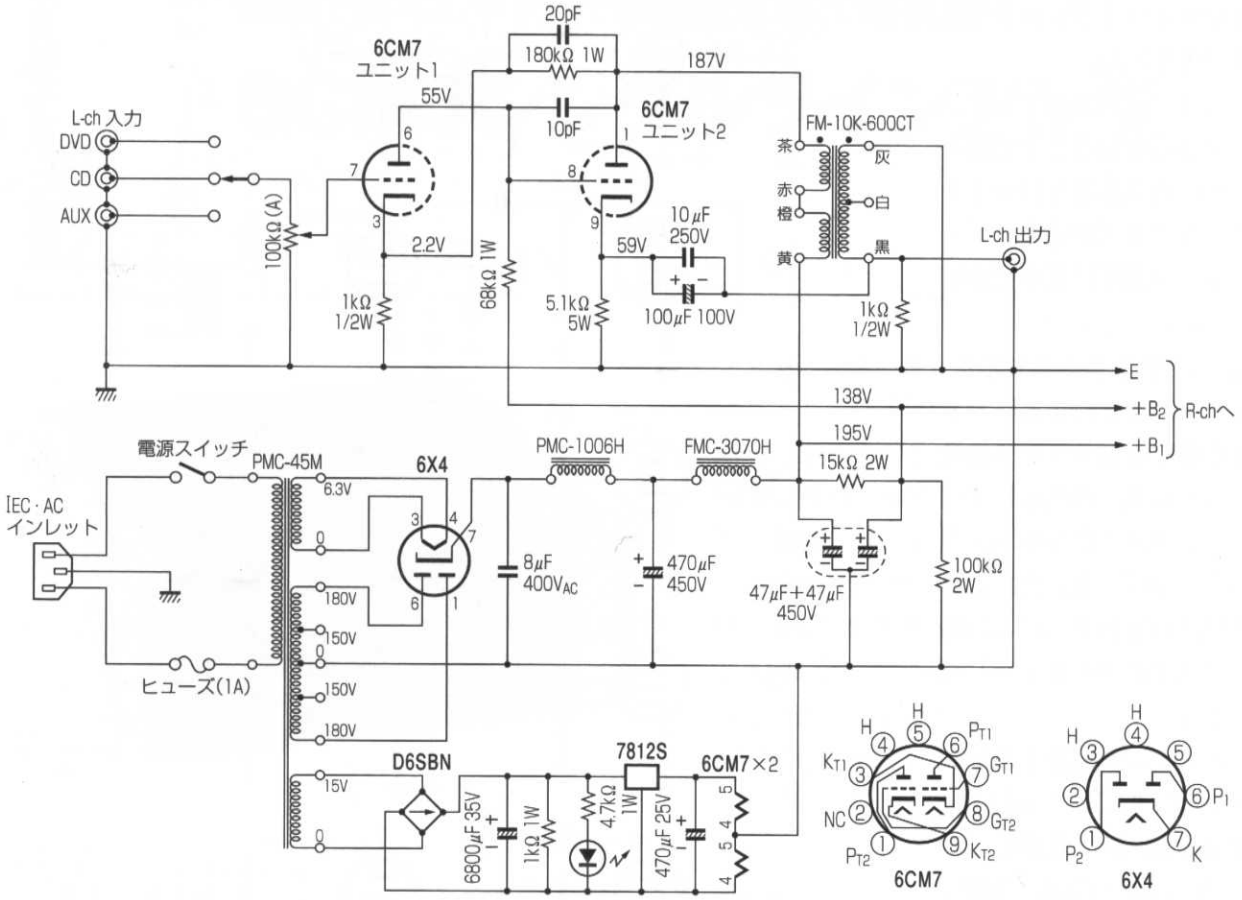
思案した結果，図1 (d) に示すように，送り出しトランスの2次側にセンタータップが出ていることを利用して，センターをアースに落とし，片側から信号を出力し，残りのタップから負帰還をかけることがよいのではないかと考え，さっそく実験してみました．

これはうまくいったようで，負帰還量はある程度自由に変化させることができるので，アンプのゲインと音質調整は行いやすくなります．

非常によく整理された音質で，欠点といえる部分は見当たらないのですが，長時間聴いていると，闊達なところがなく，やはりつまらない音です．この点に関してはパワーアンプについてもいえることで，オーバーオール負帰還の長所でもあり，また短所でもあります．このとき思いついたのは，図1 (e) に示す2段目にカソード負帰還をかけた回路です．さっそく実験してみたところ，生き生きと



［図 1］音質確認のために試作した回路



［図２］6CM7シングルラインアンプの回路図と真空管ピン接続

［表１］真空管の定格

型番		6CM7	
種別		垂直発振増幅用複合３極管	
E_f〔V〕×I_f〔A〕		6.3×0.6	
ユニット		No.1	No.2
最大定格	E_p〔V〕	500	500
	P_p〔W〕	1.25	5.5
	I_k〔mA〕	15	20
	$I_{km(ピーク)}$〔mA〕	70	70
	R_g C〔MΩ〕	2.2	2.5
	R_g F〔MΩ〕	2.2	1
	E_{hk}〔V〕	±200	
動作例	E_p〔V〕	200	250
	E_{g1}〔V〕	−7	−8
	I_p〔mA〕	5.0	20
	g_m〔mS〕	2	4.4
	r_p〔kΩ〕	10.5	4.1
	μ	21	18

して爽やかで，詰まったところのない伸び伸びした音質に変わってくれました．しかもワイドレンジで分厚い音質です．これはいけると感じたので，図1（e）に示す回路で製作することにしました．

回路設計

本機の回路は図2に示しますが，まずアンプ部に使用した**6CM7**の動作について説明します．定格については表1に示しましたので参考にしてください．

6CM7ですが，本来の用途はテレビの垂直発振増幅用に設計された複合３極管です．したがって，垂直偏向コイルをドライブしたとき，歪みが少なくなるような設計がなされています．特徴としてE_p-I_p特性図における，E_gのカーブが等間隔ではないので，オーディオアンプに使用した場合には，２次歪みが多く出るとことが予想されます．その場合，プレート電圧は低く，またプレート電流を多く流すことで，ある程度歪みは低く抑えることができるので，本機もそのような動作条件で設計しました．

図3は**6CM7**のユニット１の動作です．そこに示すような動作条件では23.3dB程度のゲインが得られます．負荷抵抗値が大きいこともあり，歪みは少なく抑える

ゲインを持つラインアンプということになります．最大出力電圧が少ないと思われますが，1V以内で最大出力が得られる通常のパワーアンプであれば特に問題はないはずです．

最大出力が6V程度と小さいのは，2段目のプレート電圧を150V程度に設定したことと，送り出しトランスでのステップダウンにより，1/4近くまで圧縮されことによります．

図8は周波数特性です．低域は20Hzあたりに0.2dB程度の盛り上がりがありますが，特に問題ないのでそのままにしてあります．

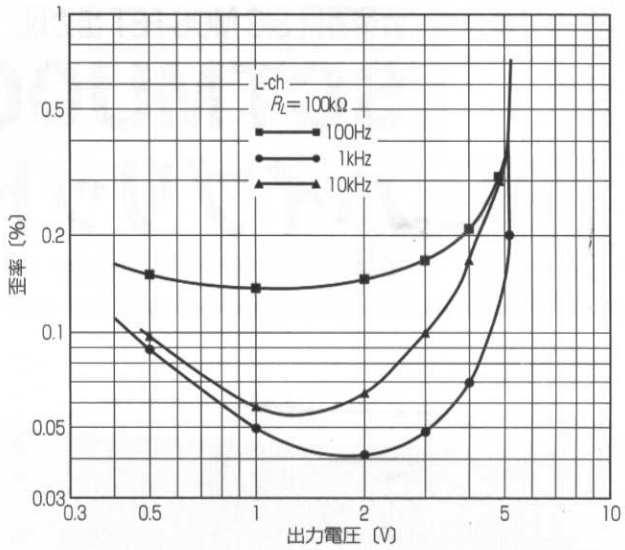
2段目の嵩上げ抵抗に入れた100μFのコンデンサーの容量を増加させれば，フラットにできるでしょう．高域は40kHzと95kHzあたりを山にして，ピークが発生してしまいます．これは送り出しトランスの基本特性が反映された結果です．

この特性でも発振などの兆候はまったくないのですが，アンプとしてはピークはできるだけ少なくしたいものです．

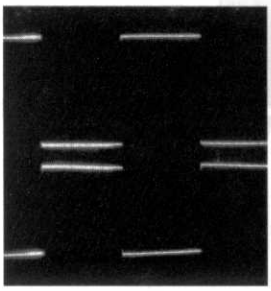
そこで補正のため，10pFのコンデンサーを両プレート間に，またP-K負帰還抵抗と並列に20pFのコンデンサーを入れました．このピークを少しでも削ることを目的に，積分補正回路を送り出しトランスの1次側に入れましたが，ピークは低下するものの出てくる音は覇気のないものになってしまいました．

音質的には充分満足できる送り出しトランスですが，特性を重視する方には不満が残ると思います．

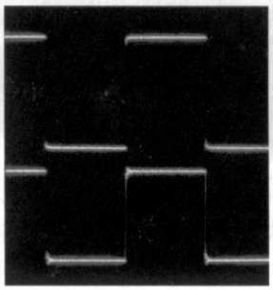
ピークをなくす根本的な解決方法は，やはりトランス自体の周波数特性をフラットにする以外ないのかもしれません



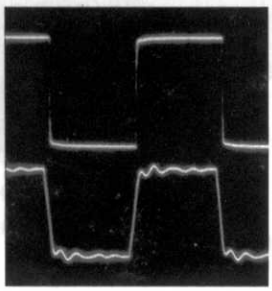
［図 9］歪率特性



［写真 12］方形波応答波形（L-ch, f＝100Hz, R_L＝100kΩ, 出力1V_{rms}，上：入力，下：出力）



［写真 13］方形波応答波形（L-ch, f＝1kHz, R_L＝100kΩ, 出力1V_{rms}，上：入力，下：出力）



［写真 14］方形波応答波形（L-ch, f=10kHz, R_L＝100kΩ, 出力1V_{rms}，上：入力，下：出力）

また，特性劣化が最大になるボリュームが−6dB時の高域特性を計測しましたが，若干劣化するものの特に問題はないでしょう．

図9は歪率特性です．各周波数におけるカーブはばらついていますが歪み量としては少なく，特に1V前後で最小値を示しています．

波形観測

写真12～14は各周波数における方形波応答波形です．

10kHzにリンギングが見られます．これは周波数特性図からもわかるように，高域でいくつかのピークがあることを示しています．そこで念のため，負荷抵抗と並列にコンデンサーをつなぎ，容量負荷試験を行って安定性を調べましたが，発振する気配すらありませんでした．

試　聴

ベースの弦の揺れやピアノのアタックの強弱，またボーカルの濡れた感じがよく表現されていると感じました．今までトライしたラインアンプは，どうしてもカマボコ型で，ナローレンジ感が付きまといましたが，それと比較して本機はワイドレンジだといえます．これはファインメットコアの特徴ではないかと考えます．

厚味のあるヌケのよい音質は，送り出しトランスによるところが大きいと思いますが，それをうまく表現できるラインアンプができたと喜んでいます．